

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 229 075 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
07.08.2002 Patentblatt 2002/32

(51) Int Cl.7: C08L 3/02, C08K 3/34

(21) Anmeldenummer: 01710006.6

(22) Anmeldetag: 01.02.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder:  
• Biop Biopolymer GmbH  
01217 Dresden (DE)  
• TNO Institute of Industrial Technology  
5612 AP Eindhoven (NL)

(72) Erfinder:  
• Berger, Werner, Prof., Dr.  
01217 Dresden (DE)

• Jeromin, Lutz, Dr.  
40723 Hilden (DE)  
• Opitz, Guntram, Dr.  
01279 Dresden (DE)  
• de Vlieger, Jan, Dr.  
5629 PB Eindhoven (NL)  
• Fischer, Sabine, Dr.  
5731 TP Mierlo (NL)

(74) Vertreter: Kailuweit, Frank, Dr. Dipl.-Ing. et al  
Kailuweit & Uhlemann,  
Patentanwälte,  
Bamberger Strasse 49  
01187 Dresden (DE)

(54) **Thermoplastisches Polymerkomposit auf Stärkebasis mit integrierten nanoskopischen Teilchen, Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Die Erfindung beinhaltet ein thermoplastisches Polymerkomposit auf Basis nativer Stärke und/oder einem derivatisierten Polysaccharid, einem synthetischen Polymer, einem Verträglichkeitsvermittler, Destrukturierungsmittel und einem Schichtsilikat, das durch Extrusion dieser Mischung in einem Zweiwellenextruder erhältlich ist, wobei das Reaktionsprodukt nanoskopisch verteiltes Schichtsilikat enthält und zur Ausbildung wasserformbeständiger Überstrukturen dicht verschlossen bis zur Weiterverarbeitung gelagert wird.

Das Reaktionsprodukt kann in Abhängigkeit von der Produktzusammensetzung auf konventionellen Thermoplast-Verarbeitungsmaschinen zu Spritzguß-, Tiefzieh- und Blasformteilen sowie Folien mit einstellbaren Gebrauchswerteigenschaften, z. B. erhöhter Wasserformbeständigkeit, verbesserten Produkteigenschaften, wie z. B. erhöhte Dimensionsstabilität, hohen mechanischen Eigenschaften, reduzierter Gaspermeabilität und biologische Abbaubarkeit, verarbeitet werden.

EP 1 229 075 A1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein thermoplastisches Polymerkomposit auf Stärkebasis mit integrierten nanoskopischen Teilchen sowie Verfahren zu deren Herstellung auf der Basis nativer Stärke, Stärke- und Cellulosederivaten, synthetischen Polymeren, wie z. B. aliphatische Polyester und deren Copolymere, Polyvinylacetat (PVAc), Polyvinylalkohol (PVOH) und anderen vorzugsweise biologisch abbaubaren synthetischen Polymeren und Schichtsilikaten (Phyllosilikaten) sowie niederen polyfunktionellen Alkoholen und Wasser. Das Reaktionsprodukt kann in Abhängigkeit von der Produktzusammensetzung auf konventionellen Thermoplast-Verarbeitungsmaschinen zu Spritzguß-, Tiefzieh- und Blasformteilen sowie Folien mit einstellbaren Gebrauchswerteigenschaften, z. B. erhöhter Wasserformbeständigkeit, verbesserten Produkteigenschaften, wie z. B. erhöhte Dimensionsstabilität, hohen mechanischen Eigenschaften, reduzierter Gaspermeabilität und biologischer Abbaubarkeit, verarbeitet werden.

[0002] In den letzten Jahren sind zahlreiche Verfahren zur Herstellung und Verformung von thermoplastischer Stärke allein oder in einer Polymermischung bzw. Polymerschmelze oder Polymerblend (im folgenden Polymermischung) bekannt geworden. Diese Arbeiten wurden mit dem Ziel ausgeführt, neue bzw. erweiterte Einsatzfelder für nachwachsende Rohstoffe zu erschließen.

[0003] Es ist bekannt, die körnige Struktur nativer Stärke mit definierten Anteilen an Wasser oder/und niederen polyfunktionellen Alkoholen, wie Ethylenglykol, Propylenglykol, Glycerol, 1,3-Butandiol, Diglycerid, entsprechende Ether, aber auch Verbindungen wie Dimethylsulfoxid, Dimethylformamid, Dimethylharnstoff, Dimethylacetamid und/oder anderen Zusatzstoffen thermomechanisch zu thermoplastischem Material mit Hilfe von konventionellen Doppelwellenextrudern aufzuschließen.

[0004] Der Gebrauchswert des Extrudats und der aus ihm hergestellten Produkte ist gering. Insbesondere ist das Material stark hydrophil.

[0005] Die Herstellung eines verbesserten, wasserformbeständigen thermoplastischen Materials gelingt, wenn die Extrusion nativer Stärke mit einem Destrukturierungshilfsmittel mit einem Anteil von 30 - 60 % bezogen auf die Einsatzmenge in einem Doppelwellenextruder im Temperaturbereich von 70 - 105 °C, einer Verweilzeit von > 2 min ausgeführt und das Reaktionsprodukt anschließend zur Retrogradation gelagert wird.

[0006] Weitere Vorschläge befassen sich mit der Zumischung synthetisch gewonnener wasserfester Polymere, wie z. B. Polyethylen, Polypropylen oder aliphatische (Co-) Polyester, aliphatisch-aromatische Copolyester, Polyesteramide, Polyesterurethane und/oder Mischungen als Mischungskomponente für Stärke. Dabei tritt aber das Problem auf, daß die Verträglichkeit zwischen den Polymerkomponenten ungenügend ist und die biologische Abbaubarkeit bzw. auch die Kostenstruktur ungünstig werden.

[0007] Der Stand der Technik ist umfassend im Schrifttum dokumentiert. Als Bezug sei auf die Publikation von R.F. T. Stepto et al. "Injection Moulding of Natural Hydrophilic Polymers in the Presence of Water" Chimia 41 (1987) Nr. 3, S. 76-81 und die dort zitierte Literatur sowie beispielhaft auf die Patente DE 4116404, EP 0327505, DE 4038732, US 5106890, US 5439953, DE 4117628, WO 94/04600, DE 4209095, DE 4122212, EP 0404723 oder EP 407350 hingewiesen.

[0008] In zahlreichen Patentanwendungen, wie z.B. DE 40 32 732, DE 195 33 800, DE 19 75 0846 werden Mischungen aus thermoplastischer Stärke mit einem wasserfesten Polymeren sowie die Herstellung einer Komponente, die als Verträglichkeitsvermittler wirkt beschrieben.

[0009] Patentanmeldung DE 1993867.2 beinhaltet ein Verfahren zur Herstellung einer thermoplastischen Stärkemischung durch reaktive Extrusion einer Mischung von nativer Stärke in Gegenwart eines aciden Katalysators und wenigstens einem hydrophoben Polymer unter Zusatz einer hydrolysierten Komponente auf Polyvinylacetat-Basis und von niederen polyfunktionellen Alkoholen oder/ und Wasser, das zu einer wesentlichen Verbesserung von Produkteigenschaften und zur Erhöhung der Prozeßstabilität führt.

[0010] Zur Verbesserung der physikomechanischen Eigenschaften von Polymeren werden seit Jahrzehnten natürliche und seit den 90er Jahren aktivierte Tonminerale, basierend z. B. auf Bentonit bzw. Montmorillonit, als Verstärkungsmaterial beschrieben (vgl. H.K.G. Theng in "Formation and Properties of Clay Polymercomplexes" Elsevier, Amsterdam 1979; E.P. Giannelis (Adv. Mater. 1996, 8, 29-35).

[0011] Beim Einsatz von natürlichen Tonminerale als Füllstoff in Kunststoffen konnte bisher kein nennenswerter Einfluß der Grenzflächen zwischen den Partikeln des Tones und der Polymeren und damit auf die Werkstoffeigenschaften festgestellt werden.

[0012] In DE 195 40 623 A<sub>1</sub> wird ein Verfahren zur Herstellung von verbesserten Kompositmaterialien mit nanoskopischen Füllstoffteilchen, vorzugsweise anorganischer Natur, beschrieben, bei dem man oberflächenmodifizierte Füllstoffteilchen (ca. 5 Vol%) mit einer Affinität zur Matrixphase im agglomeratfreien Zustand in der Matrix verteilt und dadurch die Gebrauchseigenschaften derartiger Kompositmaterialien deutlich verbessert.

[0013] In DE 195 0 48 99 wird die Herstellung poröser Körper aus Ton beschrieben die mittels Gefriertrocknung der geformten, wässrigen Paste aus Polysaccharid-Tonkompositen erhalten werden.

[0014] In der Patentschrift DE-A-3808623 werden mit Schichtsilikaten verstärkte Polyamide beschrieben, wobei die

Schichtsilikate mit kationischen Quellmitteln behandelt sind. Die Aktivierung der schichtförmigen Tonminerale ist notwendig, um den für die Einlagerung von Polymerketten erforderlichen Schichtabstand zu erzeugen.

[0015] Nach EP 0691381 wird die drastische Verminderung der Gasdurchlässigkeit einer biologisch abbaubaren Folie erzielt indem diese Folie mit einer biologisch abbaubaren Harzzusammensetzung, die anorganische, schichtförmige Verbindungen mit einem Aspektverhältnis von 50 bis 5000 enthält, beschichtet wird. Als Harz zur Beschichtung werden hydrophile, wasserlösliche Polymere, wie Polyvinylalkohol und Polysaccharide genannt. Die anorganische Verbindung, die sich durch das o.a. Aspektverhältnis auszeichnet, wird fein verteilt in der Harzmatrix erhalten, wenn eine wäßrige Dispersion eines quellbaren Tonminerals mit einer Lösung des wasserlöslichen Polymers gemischt und auf einen polymeren Träger aufgetragen und anschließend getrocknet wird. Das biologisch abbaubare Trägermaterial, das mit der tonhaltigen Harzmischung beschichtet wird, ist eine Folie aus Polysacchariden oder einem biologisch abbaubaren Polyester.

[0016] Zahlreiche Patente beschreiben die Herstellung von aktivierten Schichtsilikaten:

- die z.B. Ammoniumsalze verwenden  
US Pat. No. 2 531 427, 5 698 624, 4 081 496, 5 110 501
- die Polymere und Oligomere verwenden, wie z.B. Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylalkohol, Polyethylenglycol, Polytetrahydrofuran  
US Pat. No. 5 552 469, 5 578 672
- die organische Reagenzien und Monomere verwenden, wie z.B. Dodecylpyrrolidon, Caprolacton, Ethylencarbonat, Caprolactam, Ethylenglycol  
EP 780 340 A1

[0017] Geeignete Schichtsilikate (Phyllosilikate) sind u.a. Spezies und chemische Variationen aus den Gruppen Smectit (oder Montmorillonit), Vermiculit und Kaolinit, wie z.B. Na-Montmorillonit, Saponit, Na-Hectorit, Fluorhectorit, Beidellit, Nontronit, Vermiculit. Sie sollen eine Kationenaustauschkapazität von 30 - 250 Milliäquivalent/ 100 g besitzen, um eine effektive Aktivierung des Schichtsilikates zu erreichen.

[0018] Ausgehend von den ökologischen Zielen, nachwachsende Rohstoffe noch stärker zu nutzen und umweltverträgliche Produkte wirtschaftlich herzustellen, ist es Aufgabe der Erfindung, ein Polymerkomposit auf Basis thermoplastischer Stärke mit verbesserten Eigenschaften zu schaffen.

[0019] Gefunden wurde, dass durch Zugabe von nanoskopischen Teilchen aus einem Schichtsilikat sowohl die Destrukturierung der Stärke bei niedrigen Temperaturen ( $< 100^{\circ}\text{C}$ ) als auch die Wasserformbeständigkeit signifikant und die Prozessfähigkeit der hergestellten Produkte verbessert werden.

[0020] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein thermoplastisches Polymerkomposit auf Basis nativer Stärke und/oder einem derivatisierten Polysaccharid, einem synthetischen Polymer, einem Verträglichkeitsvermittler, Destrukturierungsmittel und einem Schichtsilikat gelöst.

[0021] Erfindungsgemäß wird das thermoplastische Polymerkomposit auf Basis nativer Stärke, einem hydrophoben derivatisierten Polysaccharid oder einem synthetischen Polymer unter Zusatz eines Verträglichkeitsvermittlers, Destrukturierungsmittel, einem Schichtsilikat, so hergestellt, dass das Gemisch in einem Doppelschneckenextruder bei einer Zylindertemperatur von  $45 - 150^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise von  $75 - 105^{\circ}\text{C}$  und einem spezifisch mechanischen Energieeintrag (SME) von  $500 - 4000 \text{ kJ/kg}$  zu einem Strang extrudiert und nach dessen Granulierung dicht verschlossen zur Ausbildung von wasserbeständigen Überstrukturen bis zur Weiterverarbeitung gelagert wird.

[0022] Mit dem Begriff delaminiertes Schichtsilikat wird die im Prozeß der Extrusion der Polymermischung durch weitere Quellung und Schereinwirkung ( $\text{Shear-rate} > 10^{-1} \dots \text{s}^{-1}$ ) bewirkte Vereinzelung der Schichten des Silikates und ihrer Wechselwirkung mit der Polymeroberfläche bezeichnet.

[0023] REM-Aufnahmen von Kompositmaterialien mit delaminierten Schichtsilikaten zeigen im Gegensatz zu konventionellen Mischungen von nichtaktivierten Tonen mit Polymeren eine Abwesenheit von Tonclustern und belegen damit die Vereinzelung von delaminierten Plättchen der Schichtsilikate. Dies wird anhand der als Fig. 1 beigefügten REM-Aufnahmen deutlich. Fig. 1 beinhaltet eine rasterelektronische Aufnahme einer Bruchfläche einer Folie mit Schichtsilikat-Cluster, Fig. 2 eine REM-Aufnahme eines erfindungsgemäßen Polymerkomposits mit nanoskopisch verteiltem Schichtsilikat (ohne Cluster). Mittels TEM können auch die einzelnen delaminierten Schichten der Schichtsilikate bildlich dargestellt und von Paketen bestehend aus einigen wenigen Schichten unterschieden werden (vergleiche dazu Fig. 3, TEM-Aufnahme des nanoskopisch verteilten Schichtsilikates in der Matrix aus thermoplastischer Stärke).

[0024] In Abhängigkeit von der chemischen Natur der Ausgangskomponenten bei der Herstellung der Polymermischung empfiehlt es sich hinsichtlich der hydrophilen Stärkekomponente ein mit Wasser im definierten Verhältnis Ton mit Wasser aktivierten Schichtsilikat einzusetzen. Der Aktivierungsschritt kann dem Extrusionsschritt vorgelagert sein oder erfolgt in der Extrusion zur Herstellung der erfindungsgemäßen Produkte.

[0025] Unter einem aktivierten Schichtsilikat im Sinne der vorliegenden Erfindung wird ein durch Einwirkung von Quellmitteln auf natürliche Schichtsilikate (Phyllosilikate) erhaltenes Produkt verstanden, daß durch vergrößerte

Schichtabstände (20 - 40 Å) und einheitlicher Polarität charakterisiert wird.

[0026] Zur Erfindung gehören auch thermoplastische Polymerkomposite aus einem Extrudat aus thermoplastischer Stärke, mindestens einem synthetischen Polymer und einem Verträglichkeitsvermittler und nanoskopischen Teilchen aus einem delaminierten Schichtsilikat. Bezogen auf die Gesamtzusammensetzung enthält dieses Polymerkomposit

30-70 Gew% thermoplastische Stärke, 10-40 Gew% synthetisches Polymer oder thermoplastische Cellulose- und Stärkederivate und 6-25 Gew% Verträglichkeitsvermittler, 0,5-20 Gew.%, vorzugsweise 0,5-8 % delaminiertes Schichtsilikat. In Gegenwart geeigneter Weichmacher kann das synthetische Polymer ein aliphatischer Polyester oder deren aliphatisch/aromatische Copolymere, PVAc oder dessen Copolymere oder Polyvinylalkohol sein.

[0027] Erfindungsgemäß kann das thermoplastische Polymerkomposit im weiteren Streckmittel, Füllstoffe, Gleitmittel, Fließmittel, Farbstoff, Pigmente oder Mischungen davon enthalten.

[0028] Die Stärkekomponente des erfindungsgemäßen Polymerkomposits weist ein gegenüber der nativen Stärke nur um eine Zehnerpotenz verringertes Molekulargewicht auf.

[0029] Das thermoplastische Polymerkomposit mit mindestens einem synthetischen Polymer und einem Verträglichkeitsvermittler ist erfindungsgemäß durch Extrusion bzw. reaktive Extrusion einer Mischung von nativer Stärke und wenigstens einem hydrophoben Polymer unter Zusatz eines Verträglichkeitsvermittlers und von niederen polyfunktionellen Alkoholen oder/und Wasser ohne oder in Gegenwart eines aciden Katalysators unter Zusatz aktivierter Schichtsilikate erhältlich.

[0030] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird das thermoplastische Polymerkomposit durch Extrusion bzw. reaktive Extrusion einer Mischung von nativer Stärke und wenigstens einem hydrophoben Polymer unter Zusatz eines Verträglichkeitsvermittlers und von niederen polyfunktionellen Alkoholen oder/und Wasser ohne oder in Gegenwart eines aciden Katalysators so hergestellt, daß die Mischung unter Zusatz nativer Schichtsilikate extrudiert wird, wobei die Aktivierung der Schichtsilikate im Verfahrensschritt erfolgt.

[0031] Als Verträglichkeitsvermittler wird eine Hydrolysekomponente auf Polyvinylacetat-Basis verwendet, wobei der Hydrolysegrad 10 - 70 %, vorzugsweise 30-40 % aufweist. Als synthetisches Polymer wird ein aliphatischer Polyester oder deren aliphatisch/aromatische Copolymere, PVAc oder dessen Copolymere, Polyvinylalkohol oder thermoplastische Stärke und/oder Cellulosederivate in Gegenwart geeigneter Weichmacher eingesetzt.

[0032] Die nanoskopischen Teilchen sind Plättchen bestehend aus den kleinsten atomaren Wiederholungseinheiten der Schichtsilikate, mit einer Längenausdehnung von ca. 1 µm, sind ca. 1 nm dick und haben eine spezifische Oberfläche von 750 m<sup>2</sup>/g. Sie zeichnen sich durch einen niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von kleiner gleich 10<sup>-4</sup> K<sup>-1</sup> bis 5 · 10<sup>-7</sup> K<sup>-1</sup> und durch ihre thixotrope Wirkung in Dispersionen aus. Dieser Effekt beruht z.T. auf der Ausbildung eines perkolierenden Gerüsts. Die viskositätsverändernden und grenzflächenaktiven Eigenschaften der nanoskopischen Teilchen können durch die Produktzusammensetzung und Verarbeitungsparameter eingestellt werden.

[0033] Der Volumenanteil der nanoskopischen Teilchen kann je nach dem Verarbeitungsprozeß z.B. bei der Folienherstellung 1 - 20 Vol%, vorzugsweise 2 - 20 Vol%, z.B. bei der Spritzgußherstellung 2 - 50 Vol%, vorzugsweise 5 - 20 Vol% betragen.

[0034] Die Erfindung beinhaltet auch die Verwendung des thermoplastischen Polymerkomposits für die Herstellung von Spritzguß-, Tiefzieh- oder Blasformteilen, Folien oder Faserrohstoffen sowie als Material für Schmelzebeschichtungen, die nach der Herstellung einer Retrogradation zur Ausbildung von wasserbeständigen Überstrukturen durch Lagerung bei hohen Luftfeuchten > 80 % oder in dicht verschlossenen Räumen oder Behältern ohne Luftaustausch und Lagerzeiten von 1 bis 24 h, vorzugsweise 5 - 10 h, unterworfen werden.

[0035] Anhand nachfolgender Ausführungsbeispiele wird die Erfindung näher erläutert:

#### **Ausführungsbeispiel 1**

##### **Aktivierung des Schichtsilikates**

[0036] Zur Aktivierung des Schichtsilikates wurde dieser mit Wasser (Schichtsilikat / H<sub>2</sub>O = 60 : 40 bis 30 : 70) in einem Extrusionsprozeß gemischt.

[0037] Beispielhaft wurden 40 g eines trockenen Na-Montmorillonits (Versuchsprodukt EXM 757, Südchemie AG) in einem Doppelschneckenextruder unter Zugabe von 60 g destilliertem Wasser bei 30 °C mit Schneckendrehzahlen zwischen 30 und 250 min<sup>-1</sup> extrudiert. Das in Strangform erhaltene, homogene Material wurde 24 h bei 7 °C zwischengelagert.

[0038] Die Aktivierung des Montmorillonits ist anhand der Röntgen-Streuwinkelmessungen ersichtlich (siehe Fig. 4). Das Quellen des Tones erhöht den Abstand der Silikatschichten von 1,26 nm auf 2,4 nm und bietet daher die Voraussetzung für eine vollständige Delaminierung und homogene Verteilung der Tonplättchen innerhalb der Stärkematrix während der Extrusion zur Kompositherstellung.

**Ausführungsbeispiel 2****Herstellung eines Polymerkomposits auf Basis nativer Stärke und aktiviertem Montmorillonit**

5 [0039] In einem Schnellmischer wurden die Komponenten

- native Kartoffelstärke mit einem Wassergehalt von 18-20 %
  - Montmorillonit aktiviert mit Wasser (aus Beispiel 1)
- entsprechend den in Tabelle 1, 2, 3 angegebenen Rezepturen, eventuell bei Zusatz von 0,2 Teilen gefällter Kieselsäure zu einem gut rieselnden Pulver vermischt.

10 Diese Pulvermischung wurde zusammen mit der getrennt dosierten Glycerin/Wasser-Mischung mit einem gleichlaufenden Doppelschneckenextruder (ZE 25, Fa. Berstorff, L=32xD) bei einer Zylindertemperatur von 90 -110 °C, einer Schneckendrehzahl von 100 min<sup>-1</sup> und einem Massedurchsatz von 1,2 - 3,4 kg/ zu einem kompakten Strang extrudiert. Nach der Granulierung wurde das Material dicht verschlossen gelagert, um eine Veränderung des Wassergehaltes zu verhindern und eine Retrogradationspause einzuhalten.

15 Das Granulat wurde mit dem oben beschriebenen Extruder, ausgerüstet mit einer Breitschlitzdüse reextrudiert und zu einer Flachfolie verformt und anschließend verschlossen gelagert.

Prüfungen der Wasserbeständigkeit der Stärke/Montmorillonit-Nanokomposits erfolgten an den primär extrudierten Strängen und an der Flachfolie.

**Ausführungsbeispiel 3****Herstellung eines Polymerkomposits bei gleichzeitiger Aktivierung des Schichtsilikates**

25 [0040] In einem Schnellmischer wurden die Komponenten

- native Kartoffelstärke mit einem Wassergehalt von 18-20 %
  - Montmorillonit (nicht aktiviert)
- entsprechend den in Tabelle 4 angegebenen Rezepturen eventuell bei Zusatz von 0,2 Teilen gefällte Kieselsäure zu einem gut rieselnden Pulver vermischt.

30 Diese Pulvermischung wurde zusammen mit der getrennt dosierten Glycerin/Wasser-Mischung mit einem gleichlaufenden Doppelschneckenextruder (ZE 25, Fa. Berstorff, L=32xD) bei einer Zylindertemperatur von 90 -110 °C, einer Schneckendrehzahl von 100 min<sup>-1</sup> und einem Massedurchsatz von 1,2 - 3,4 kg/ zu einem kompakten Strang extrudiert. Nach der Granulierung wurde das Material dicht verschlossen gelagert, um eine Veränderung des Wassergehaltes zu verhindern und eine Retrogradationspause einzuhalten.

35 Das Granulat wurde mit dem oben beschriebenen Extruder, ausgerüstet mit einer Breitschlitzdüse reextrudiert, zu einer Flachfolie verformt und anschließend verschlossen gelagert.

Prüfungen der Wasserbeständigkeit der Stärke/Montmorillonit-Nanokomposits erfolgten an den primär extrudierten Strängen und an der Flachfolie.

**Ausführungsbeispiel 4****Herstellung eines Polymerkomposits auf der Basis nativer Stärke, Polyester und aktiviertem Schichtsilikat**

45 [0041] In einem Schnellmischer wurden die Komponenten

- native Kartoffelstärke mit einem Wassergehalt von 18-20 %
  - Montmorillonit (aktiviert)
  - Prepolymer
- entsprechend den in Tabelle 5 angegebenen Rezepturen, eventuell bei Zusatz von 0,2 Teilen gefällter Kieselsäure zu einem gut rieselnden Pulver vermischt.

50 Diese Pulvermischung wurde zusammen mit dem getrennt dosierten Polyester-Granulat und der flüssig dosierten Glycerin/Wasser-Mischung mit einem gleichlaufenden Doppelschneckenextruder (ZE 25, Fa. Berstorff, L = 32xD) bei einer Zylindertemperatur von 90 -110 °C, einer Schneckendrehzahl von 100 min<sup>-1</sup> und einem Massedurchsatz von 1,2 - 3,4 kg/h extrudiert, zu einer Schlauchfolie reextrudiert und anschließend verschlossen gelagert.

55 [0042] Erfindungsgemäß und nach vorgenannten Ausführungsbeispielen hergestellte Polymerkomposits entsprechend der in Tabellen 1 bis 5 aufgeführten Rezepturen und Verfahrensparameter sowie daraus hergestellte Flachfolien

wurden untersucht und bewertet:

#### Bestimmung der Löslichkeit/Quellbarkeit

[0043] Strangproben (Länge 30 mm, Ø 3 mm) werden 24 h in Wasser bei Raumtemperatur gelagert. Nach Abtupfen des oberflächlich anhaftenden Wassers wird die Massezunahme der Probe ermittelt und unter Berücksichtigung der Trockenmasse der Probe die Quellbarkeit berechnet. Die gequollenen Proben werden anschließend 12 h bei 120 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Aus dieser Masse wird der im Wasser gelöste Anteil der ursprünglichen Probe bestimmt.

#### Bestimmung der Wasserbeständigkeit der Flachfolien

[0044] Probestücke der Flachfolien (Länge = 100 mm, Breite 30 mm) werden 24 h im Wasser bei Raumtemperatur gelagert und ihr Zustand visuell eingeschätzt. Die wasserbeständigen Folien sind etwas gequollen, zeigen jedoch noch ihre ursprüngliche Form, weisen eine gewisse mechanische Festigkeit auf. Wasserunbeständige Proben quellen stark, zerfallen bei der Lagerung im Wasser und weisen keinerlei mechanische Festigkeit auf.

[0045] Folgende Bewertungskriterien sind in den Tabellen 1 bis 5 aufgeführt:

++ = Folienprobe nahezu unverändert

+ = Quellung der Folie unter Erhalt mechanischer Stabilität

- = Quellung und Zerfall der Folie (Probe kann z. B. nicht unzerstört aus dem Wasser entnommen werden)

#### SME = Spezifischer mechanischer Energieeintrag

[0046] Der spezifische mechanische Energieeintrag in das Extrusionsgut während der Extrusion kann bei gemessenem Drehmoment (Summe der Drehmomente beider Schnecken) nach folgender Gleichung abgeschätzt werden.

$$SME = (2\pi \cdot M \cdot n) / m$$

SME ... Spezifischer mechanischer Energieeintrag

M ... Drehmoment in Nm

n ... Schneckendrehzahl in min<sup>-1</sup>

m ... Durchsatz in kg/h

#### Röntgenbeugung

[0047] Philips X'Pert, Cu-K<sub>α</sub> - Strahlung, Wellenlänge = 0,1542 nm, Reflexionsmodus

#### Elektronenmikroskopie

[0048]

REM: Phillips ESEM XL 30 ESEM/FEG

TEM: JEOL 2000 FX, 80 keV

Tabelle 1:

Wasserbeständigkeit von Flachfolien, reextrudiert aus Polymerkomposits, hergestellt entsprechend dem Ausführungsbeispiel 2 mit aktiviertem Montmorillonit entsprechend Ausführungsbeispiel 1  
- Einfluß des Anteils an Montmorillonit Rezeptur: Kartoffelstärke / aktivierter Montmorillonit / Glycerin / Wasser  
Compoundierung: Schneckendrehzahl 100 min<sup>-1</sup>, Zylindertemperatur 90 °C Reextrusion: Schneckendrehzahl 80 min<sup>-1</sup>, Zylindertemperatur 110 °C, Durchsatz 16 g/min

Nr.	Montmorillonit, trocken [%]	Gesamt-H <sub>2</sub> O [%]	Glycerin [%]	Durchsatz [kg/h]	SME [kJ/kg]	Wasserbeständigkeit
1.1	2	20,5	15	1,2	2669	++

# EP 1 229 075 A1

Tabelle 1: (fortgesetzt)

Wasserbeständigkeit von Flachfolien, reextrudiert aus Polymerkomposits, hergestellt entsprechend dem Ausführungsbeispiel 2 mit aktiviertem Montmorillonit entsprechend Ausführungsbeispiel 1 - Einfluß des Anteils an Montmorillonit Rezeptur: Kartoffelstärke / aktivierter Montmorillonit / Glycerin / Wasser Compoundierung: Schneckendrehzahl 100 min <sup>-1</sup> , Zylindertemperatur 90 °C Reextrusion: Schneckendrehzahl 80 min <sup>-1</sup> , Zylindertemperatur 110 °C, Durchsatz 16 g/min						
Nr.	Montmorillonit, trocken [%]	Gesamt-H <sub>2</sub> O [%]	Glycerin [%]	Durchsatz [kg/h]	SME [kJ/kg]	Wasserbeständig kelt
1.2	5	20,2	15	1,2	3046	++
1.3	7,5	40,1	7	2,4	895	++

Tabelle 2:

Einfluß des Glycerin-/Wasserverhältnisses auf die Löslichkeit/Quellbarkeit der Polymerkomposits, hergestellt entsprechend dem Ausführungsbeispiel 2 mit aktiviertem Montmorillonit und der Wasserformbeständigkeit der daraus hergestellten Flachfolien, Rezeptur: Kartoffelstärke / 8 % aktivierter Montmorillonit / Glycerin / Wasser Compoundierung: Schneckendrehzahl 100 min <sup>-1</sup> , Zylindertemperatur 90 °C Reextrusion: Schneckendrehzahl 80 min <sup>-1</sup> , Zylindertemperatur 110 °C							
Nr.	Gesamt-H <sub>2</sub> O [%]	Glycerin	Durchsatz [kg/h]	Löslichkeit [%]	Quellbarkeit [%]	SME [kJ/kg]	Wasserbeständigkeit
2.1	43,6	0	2,4	0	21	864	++
2.2	39,5	4	2,4	5,6	27	864	++
2.3	36,6	7	2,4	8,3	34	895	++
2.4	20,4	15	1,2	17,1	59	2826	-

Tabelle 3:

Einfluß der Prozeßparameter auf die Löslichkeit/Quellbarkeit der Polymerkomposits, hergestellt entsprechend dem Ausführungsbeispiel 2 mit aktiviertem Montmorillonit und die Wasserformbeständigkeit der daraus hergestellten Flachfolien, Rezeptur: Kartoffelstärke / 7,5 % aktivierter Montmorillonit / Glycerin / Wasser							
Nr.	Gesamt-H <sub>2</sub> O [%]	Glycerin	Durchsatz [kg/h]	Zylinder temperatur [°C]	Schneckendrehzahl [min <sup>-1</sup> ]	SME [kJ/kg]	Wasserbeständigkeit
3.1	47,1	0	2,4	90	100	628	++
3.2	36,5	7	2,4	90	100	895	++
3.3	37,1	10	2,4	110	100	581	+
3.4	23,5	13	2,4	130	100	1366	-
3.5*)	20,9	13	1,2	90	150	4946	-
3.6*)	20,2	15	1,2	90	100	3046	++
3.7**)	20,5	15	1,2	100	150	3862	++

\*) 5 % Montmorillonit

\*\*) 2 % Montmorillonit



Tabelle 4:

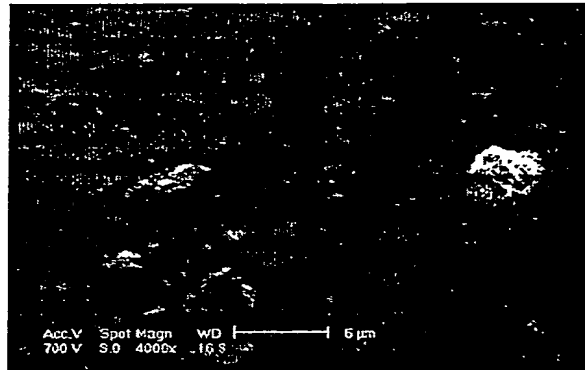
Löslichkeit und Quellbarkeit von Polymer/Montmorillonit - Kompositen nach Ausführungsbeispiel 3 und Wasserbeständigkeit der daraus hergestellten Flachfolien, wenn die Aktivierung und die Compoundierung gleichzeitig in einem Extrusionsschritt erfolgen Rezeptur: Kartoffelstärke /8 % Montmorillonit / Glycerin / Wasser Compoundierung: Zylindertemperatur 90 °C, Schneckendrehzahl 100 min <sup>-1</sup> ,							
Nr.	Gesamt- H <sub>2</sub> O [%]	Glycerin	Durchsatz [kg/h]	Löslichkeit [%]	Quellbarkeit [%]	SME [kJ/ kg]	Wasserbeständigkeit
4.1	43,6	0	1,2	1,7	22	1256	++
4.2	43,6	0	2,4	0	22	816	++
4.3	39,6	4	2,4	4,3	24	895	++
4.4	36,6	7	2,4	7,0	30	816	++

Tabelle 5:

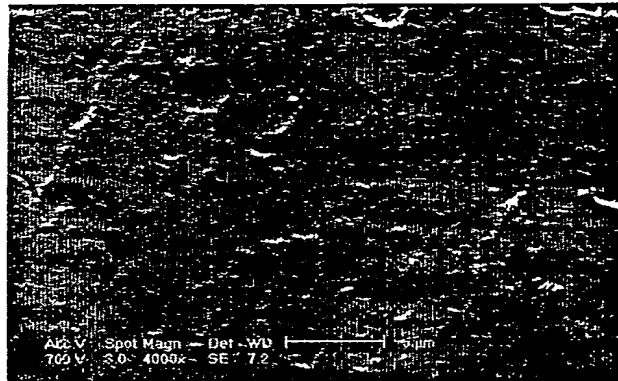
Wasserbeständigkeit und Ergebnisse der Zugprüfung an Blasfolien, die aus Polymerkompositen nach Ausführungsbeispiel 4 hergestellt wurden Rezeptur: Kartoffelstärke / 2 % Montmorillonit / Glycerin / Wasser / Prepolymer Compoundierung: Zylindertemperatur 90 °C, Schnecken Drehzahl 100 min <sup>-1</sup> ,									
Thermoplastische Stärke- Montmorillonit					Folie				
Nr.	Gesamt-H <sub>2</sub> O [%]	Glycerin	Prepolymer	Polyester	-anteil [%]	$\sigma_{\max}$ [MPa]	$\epsilon_{\max}$ [%]	E <sub>t</sub> [MPa]	Wasserbeständigkeit
5.1	20,4	15	0	Bionolle #3001	20	16,9	3	1666	++
				Ecoflex SBX7000	20	10,6	3	1016	++
5.2	18,6	15	10	Bionolle #3001	10	8,7	18	257	+
				Bionolle #3001	20	11,9	12	890	++
				Ecoflex SBX7000	10	7,5	30	114	++

Patentansprüche

1. Thermoplastisches Polymerkomposit auf Basis nativer Stärke und/oder einem derivatisierten Polysaccharid, einem synthetischen Polymer, einem Verträglichkeitsvermittler, Destrukturierungsmittel und einem Schichtsilikat, erhältlich durch Extrusion dieser Mischung in einem Zweiwellenextruder im Temperaturbereich von 45 bis 150 °C, vorzugsweise 75 bis 105 °C, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Reaktionsprodukt nanoskopisch verteiltes Schichtsilikat enthält und zur Ausbildung wasserformbeständiger Überstrukturen dicht verschlossen bis zur Weiterverarbeitung gelagert wird.
2. Thermoplastisches Polymerkomposit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** es bezogen auf die Gesamtzusammensetzung 30-70 Gew% thermoplastische Stärke, 10-40 Gew% synthetisches Polymer oder thermoplastische Cellulose- und Stärkederivate und 6-25 Gew% Verträglichkeitsvermittler, 0,5-20 Gew.%, vorzugsweise 0,5-8 % delaminiertes Schichtsilikat enthält.
3. Thermoplastisches Polymerkomposit nach Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Gegenwart geeigneter Weichmacher das synthetische Polymer ein aliphatischer Polyester oder deren aliphatisch/aromatische Copolymere, Polyvinylacetat oder dessen Copolymere oder Polyvinylalkohol ist.
4. Thermoplastisches Polymerkomposit nach jeweils einem der Ansprüche 1 bis 3 **dadurch gekennzeichnet, daß** es im weiteren Streckmittel, Füllstoffe, Gleitmittel, Fließmittel, Farbstoff, Pigmente oder Mischungen davon enthält.
5. Thermoplastisches Polymerkomposit nach jeweils einem der Ansprüche 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet, daß** die Stärkekomponente im Polymerkomposit ein gegenüber der nativen Stärke nur um eine Zehnerpotenz verringertes Molekulargewicht aufweist.
6. Verfahren zur Herstellung eines thermoplastischen Polymerkomposits auf Basis nativer Stärke, einem hydrophoben derivatisiertem Polysaccharid oder einem synthetischen Polymer unter Zusatz eines Verträglichkeitsvermittlers, Destrukturierungsmittel, einem Schichtsilikat, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Gemisch in einem Doppelschneckenextruder bei einer Zylindertemperatur von 45 - 150 °C, vorzugsweise von 75 - 105 °C und einem spezifisch mechanischen Energieeintrag (SME) von 500 - 4000 kJ/kg zu einem Strang extrudiert und nach dessen Granulierung dicht verschlossen zur Ausbildung von wasserbeständigen Überstrukturen bis zur Weiterverarbeitung gelagert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Schichtsilikat ein aktiviertes Schichtsilikat und/oder ein gereinigtes mineralisches Schichtsilikat und/oder ein synthetisches Schichtsilikat eingesetzt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, daß das Reaktionsprodukt bei hohen Luftfeuchten > 80 % oder in dicht verschlossenen Räumen oder Behältern ohne Luftaustausch und Lagerzeiten von 1 bis 24 h, vorzugsweise 5 - 10 h gelagert wird.
9. Verfahren nach jeweils einem der Ansprüche 6 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch reaktive Extrusion einer Mischung von nativer Stärke und wenigstens einem hydrophoben Polymer unter Zusatz eines Verträglichkeitsvermittlers und von niederen polyfunktionellen Alkoholen oder/und Wasser in Gegenwart eines aciden Katalysators zu einem Strang extrudiert und nach dessen Granulierung dicht verschlossen bis zur Weiterverarbeitung gelagert wird.
10. Verfahren nach jeweils einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Verträglichkeitsvermittler eine Hydrolysekomponente auf Polyvinylacetat-Basis verwendet wird, wobei der Hydrolysegrad 10 - 70 %, vorzugsweise 30-40 % aufweist.
11. Verfahren nach jeweils einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** als synthetisches Polymer ein aliphatischer Polyester oder deren aliphatisch/aromatische Copolymere, Polyvinylacetat oder dessen Copolymere, Polyvinylalkohol oder thermoplastische Stärke- und/oder Cellulosederivate in Gegenwart geeigneter Weichmacher verwendet wird.
12. Verwendung eines thermoplastischen Polymerkomposits nach jeweils einem der Ansprüche 1 bis 11 für die Herstellung von Spritzguß-, Tiefzieh- oder Blasformteilen, Folien oder Faserstoffen sowie als Material für Schmelzbeschichtungen.



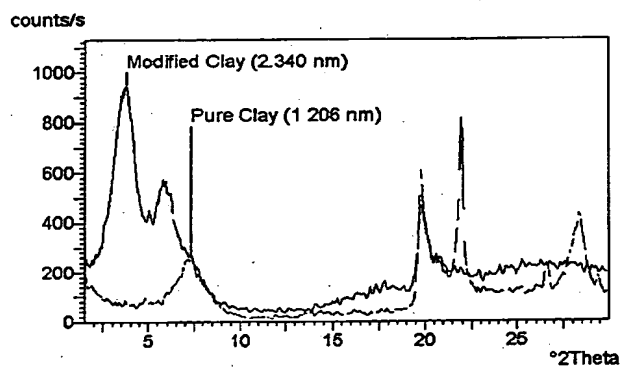
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 01 71 0006

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 5 322 866 A (MAYER JEAN M ET AL) 21. Juni 1994 (1994-06-21) * Spalte 3, Zeile 6 - Zeile 47; Anspruch 1 *	1-12	C08L3/02 C08K3/34
A,D	EP 0 691 381 A (SUMITOMO CHEMICAL CO) 10. Januar 1996 (1996-01-10) * Ansprüche 1,3 *	1-12	
E	WO 01 10949 A (BERGER WERNER ; OPITZ GUNTRAM (DE); JEROMIN LUTZ (DE); BIOP BIOPOLY) 15. Februar 2001 (2001-02-15) * Ansprüche 1-5 *	1-12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			C08L C08K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>MÜNCHEN</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>2. Juli 2001</b>	Prüfer <b>Hoffmann, K</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 01 71 0006

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-07-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5322866	A	21-06-1994	KEINE		
EP 0691381	A	10-01-1996	US	6146750 A	14-11-2000
			AU	678095 B	15-05-1997
			AU	1466495 A	08-08-1995
			AU	686305 B	05-02-1998
			AU	1466595 A	08-08-1995
			CA	2158942 A	27-07-1995
			CA	2158944 A	27-07-1995
			CA	2158945 A	27-07-1995
			CN	1122117 A	08-05-1996
			CN	1123035 A	22-05-1996
			DE	69511187 D	09-09-1999
			DE	69511187 T	27-04-2000
			EP	0691376 A	10-01-1996
			EP	0691202 A	10-01-1996
			ES	2138186 T	01-01-2000
			JP	7247374 A	26-09-1995
			WO	9520013 A	27-07-1995
			WO	9520010 A	27-07-1995
			WO	9519887 A	27-07-1995
			US	5766751 A	16-06-1998
WO 0110949	A	15-02-2001	DE	19938672 A	15-02-2001

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

*This Page Blank (uspto)*